

Application Brief

使用 **MODE** 引脚进行简单的恒压调节

Stefan Schimonsky

引言

LM5177 是一款同步降压/升压控制器，可提供精确的反向电流限制，以便在功率级的输入端为储能系统充电，而输出端由电源供电。如果系统电源出现任何中断或故障，功率级的储能元件将为系统提供持续运行所需的电力。这种单芯片设计适用于许多应用，这些应用要求转换器双向运行，并能在主电源和备用电源之间无缝转换。例如，该设计可用于需要电源关键型系统的医疗领域。此外，由于功率级别可灵活扩展，因此可与太阳能发电系统集成，实现高效发电。

仅当降压/升压控制器处于 **FPWM** 模式时，备用操作才起作用。因此，要启用 **FPWM** 功能，控制器的 **MODE** 引脚必须为高电平。否则，转换器将以正向运行模式（**PSM** 模式）运行。在此工作模式下，备用储能元件连接至 **LM5177** 的 V_{in} （有时也标记为 V_{Bat} ）。一旦启用备用电源操作并且功率级输出端电源电压大于反馈阈值，转换器便在输入端以恒流为储能元件充电。可以使用降压/升压控制器的两种不同的内置电流限制功能（例如峰值电流限制和平均电流限制）来调节储能元件的恒定充电电流。

为了调节储能元件的恒压充电，降压/升压控制器为客户提供各种选项，例如用于在 **COMP** 引脚和 **MODE** 引脚上进行恒压充电的外部控制器。本应用手册旨在介绍如何使用 **MODE** 引脚上的外部迟滞控制器和 **COMP** 引脚上的线性恒压控制器进行恒压充电。图 1 所示为使用 **MODE** 引脚和 **COMP** 引脚上的外部控制进行恒压充电的方框图。后续各节将讨论这两种恒压充电方法。

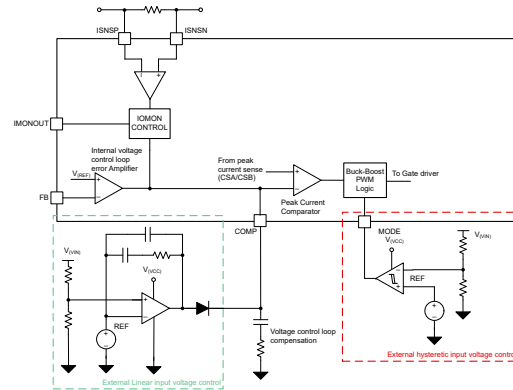


图 1. 使用 **MODE** 引脚和 **COMP** 引脚对恒压充电进行外部控制

使用 **MODE** 引脚进行恒压充电

FPWM 和 **PSM** 模式的阈值电压分别为 **1.19V** 和 **0.41V**。如果 **MODE** 引脚上的上升沿大于 **1.19V**，则转换器处于 **FPWM** 模式，并且储能元件开始充电。同样，如果 **MODE** 引脚上的下降沿低于 **0.41V**，则转换器正向运行（无备用操作），并且储能元件开始放电。**MODE** 引脚控制可通过多种方式实现，例如使用具有外部基准的比较器、微控制器等。这些设计成本高昂，并且需要复杂的电路配置。因此，为了以简单的设计实现 **MODE** 引脚控制，我们使用 **LM431** 并联稳压器、低功耗 **PNP** 晶体管和低功耗 **N** 沟道 **MOSFET** 开发了迟滞控制器。图 2 所示为 **MODE** 引脚控制器的电路图。

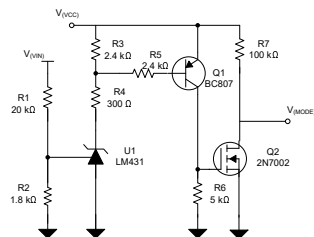


图 2. 用于 **MODE** 引脚控制的迟滞控制器

这种设计有一些重要的考虑因素。首先，迟滞控制器的 **VCC** 电源电流不得超过 **10mA**；否则，电路会使降压/升压控制器的 **VCC** 稳压器过载。该设计必须确保 **LM431** 的最小工作电流 (**1mA**)。否则，器件可能会影

响电路的正常运行。要使 LM431 作为比较器准确无误地工作，阴极电压必须高于基准电压。LM431 的基准阈值电压为 2.5V。由于电池电压较高，分压器的电阻组合必须具有更高的电阻，以便限制 LM431 的基准电流和功率损耗。储能元件必须预充电以满足 VDET 条件，否则 LM5177 器件不会开启。

储能元件可以是任何类型，例如电池、电容器、超级电容器等。在本应用简报中，储能元件是电介质电容器。在图 2 所示的设计中，VCC 电压为 5V，最大 VCC 电源电流为 3mA，储能元件的恒压充电阈值为 30V。可通过改变分压器电路的比值来定义恒压充电限值。如果储能电压达到 30V，则分压器电路的基准电压会增加至 2.5V，而 LM431 的阴极电压会从 VCC 降低至 1.8V。

阴极电压的降低会导致 PNP 晶体管的发射极至基极端子之间的正向偏置，并且随后会导致发射极至集电极电压降低。这会导致 N 沟道 MOSFET 的栅源电压增加（从 0V 到 VCC），并且 MOSFET 导通。MODE 引脚电压从 VCC 降低至 20mV。降压/升压控制器从 FPWM 模式切换到 PSM 模式，并且储能元件开始放电。放电一直持续到电池电压达到迟滞控制的负阈值。这样，储能电压就稳定在 30V 左右，且 MOSFET 开关延迟引起的迟滞较小。

使用 COMP 引脚进行恒压充电

内侧电压环路误差放大器的精确实现将 COMP 引脚的精确电压反映在电感器的标称峰值电流值上。图 3 显示了 FPWM 模式下内侧电压环路误差放大器的控制 V/I 特性。 $V_{(comp, CL+)}$ 和 $V_{(comp, CL-)}$ 的值分别为 1.25V 和 0.24V。而峰值电流的正负限值由峰值电流检测电阻定义。

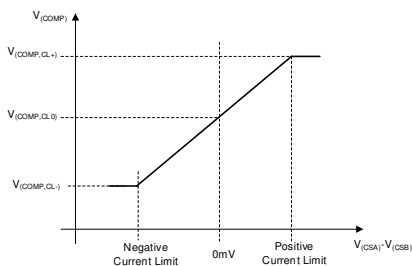


图 3. 峰值电流检测电压与 VCOMP 间关系的控制函数

当 $V_{(comp)}$ 值小于 $V_{(comp, CL0)}$ 值时，将启用储能元件充电。而当 $V_{(comp)}$ 值等于 $V_{(comp, CL0)}$ 值时，将激活储能元件的恒压充电。因此，要使用 COMP 引脚实现恒压充电，需要使用闭环线性控制器。当储能元件达到所需的电压电平时，该控制器通过电流源对 COMP 引脚上的补偿网络充电。设计的线性控制器使用 TLV431（并联稳压器）和低功耗 PNP 晶体管。图 4 中显示了 COMP 引脚控制器的电路图。

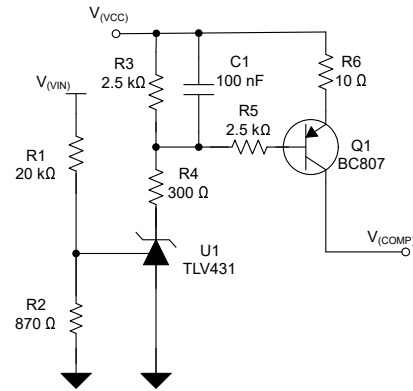


图 4. 用于 COMP 引脚控制的线性控制器

与 MODE 引脚控制器的设计类似，设计 COMP 引脚控制器时也有一些注意事项。首先，COMP 引脚控制器的电源电流不得超过 10mA，设计必须确保最小 TLV431 阴极电流 (0.1mA)，并且 TLV431 的基准阈值电压为 1.24V。控制器设计必须根据电源电压的动态特性包含一个合适的补偿网络。否则，可能会出现控制环路不稳定问题。在本设计中，我们向电路添加了 100nF 的补偿电容。

COMP 引脚控制器的工作方式与 MODE 引脚控制器类似。当 TLV431 Vref 引脚的偏置电压等于 1.24V 时，控制器会启用 COMP 引脚处的电流源。线性控制器的恒压充电阈值为 30V。正向偏置中的 TLV431 提供适当的 PNP 发射极-栅极偏置电压，并为 COMP 引脚补偿网络充电。降压/升压控制器的反向电流为零，储能电压保持在 30V 的恒定值。

结果

为了验证为 MODE 引脚和 COMP 引脚设计的控制器的精度和准确度，我们对 LM5177 降压/升压控制器评估模块进行了测试。图 5 和图 6 中的结果显示，在 MODE 引脚控制下，储能元件从恒流充电平稳过渡到恒压充电。设计的电路将储能元件的充电电压稳定在 30V 左右。在 MODE 引脚处进行调节期间，从 fPWM 模式和 PSM 模式之间的转换可以看出，MOSFET 的开关延迟造成的迟滞很小。这会导致储能元件的充电电压出现较小的纹波。此外，为了克服降压/升压控制器的内部低压保护，还为储能元件提供了 7.5V 的初始偏置电压。根据降压/升压控制器的平均电流限制功能，将恒压充电阶段的充电电流限制为 2.5A。这为储能元件提供了额外的充电保护，并可控制充电电流。

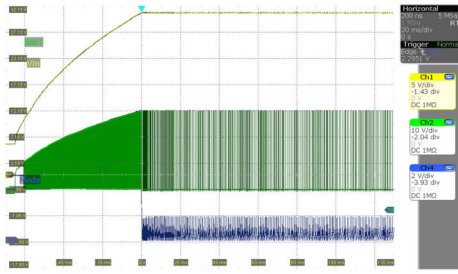


图 5. 具有迟滞控制功能的恒压充电电波器图

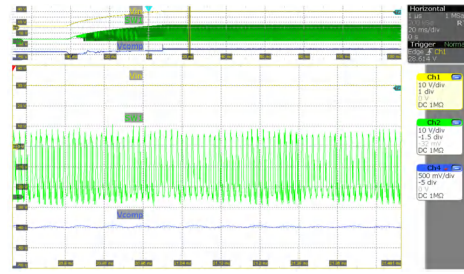


图 8. 放大线性控制效果的 CV 充电图

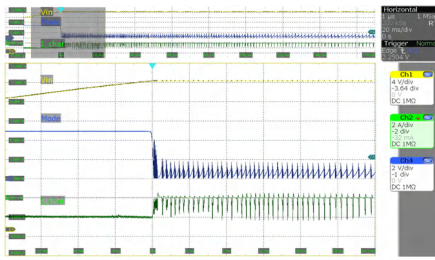


图 6. 放大迟滞控制效果的恒压充电放大图

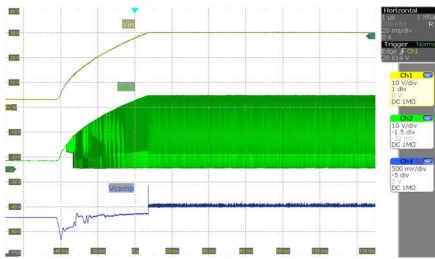


图 7. 具有线性控制功能的 CV 充电图

图 7 和图 8 显示了 COMP 引脚控制的结果。结果证实，COMP 引脚控制可分别在 30V 和 1V 电压下准确调节储能电压和 COMP 引脚电压。此外，示波器图还显示，在恒流和恒压过渡区域之间的 COMP 引脚处有一个电压尖峰。为了克服这一电压尖峰，需要在设计的线性电压控制器中加入一个更高阶的补偿网络。此外，示波器图还显示，储能元件的初始偏置电压设置为 3.4V，以克服降压/升压控制器的内部低压保护阈值。

总结

上述部分的结果表明，在使用 MODE 引脚和 COMP 引脚控制恒压充电过程中，可对储能电压进行无缝调节。因此，在任何设计的应用中，都建议使用这两种恒压充电功能。通过使用具有较低工作电流和基准电压的并联稳压器（例如 COMP 引脚控制器中使用的 TLV431 稳压器），可以提高所设计控制器的效率并增大电源电流。通过向分压器电路添加一个小型并联电流源，或向 MOSFET 添加一个较小电容（栅极与源极之间），可将不同值的迟滞添加到 MODE 引脚控制器。

参考文献

- 德州仪器 (TI), [LM5177 80V 宽 VIN 双向 4 开关降压/升压控制器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [使用内部限流器实现恒流运行](#) 应用简报。
- 德州仪器 (TI), [LM5177 降压/升压控制器评估模块](#), 用户指南。
- 德州仪器 (TI), [TLV431x 低电压可调节精密并联稳压器](#) 数据表。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司